



**QUEEN'S
UNIVERSITY
BELFAST**

Um novo método para a datação absoluta de ossos humanos cremados: a cabana 2 do Monte de São Domingos (Malpica do Tejo, Portugal)

Brandherm, D., Krueger, M., & Cardoso, J. L. (2017). Um novo método para a datação absoluta de ossos humanos cremados: a cabana 2 do Monte de São Domingos (Malpica do Tejo, Portugal). *Estudos Arqueológicos de Oeiras*, 23, 519-530.

<https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/6730/1/2017%20EAO.pdf>

Published in:

Estudos Arqueológicos de Oeiras

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Queen's University Belfast - Research Portal:

[Link to publication record in Queen's University Belfast Research Portal](#)

Publisher rights

Copyright 2017 ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS DE OEIRAS. This work is made available online in accordance with the publisher's policies. Please refer to any applicable terms of use of the publisher.

General rights

Copyright for the publications made accessible via the Queen's University Belfast Research Portal is retained by the author(s) and / or other copyright owners and it is a condition of accessing these publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

Take down policy

The Research Portal is Queen's institutional repository that provides access to Queen's research output. Every effort has been made to ensure that content in the Research Portal does not infringe any person's rights, or applicable UK laws. If you discover content in the Research Portal that you believe breaches copyright or violates any law, please contact openaccess@qub.ac.uk.

ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS DE OEIRAS

Volume 23 • 2016/2017

A
RUI BOAVENTURA
HOMENAGEM À SUA MEMÓRIA



Editores Científicos: João Luís Cardoso e Rui Mataloto

CÂMARA MUNICIPAL DE OEIRAS
2016/2017

Estudos Arqueológicos de Oeiras é uma revista de periodicidade anual, publicada em continuidade desde 1991, que privilegia, exceptuando números temáticos de abrangência nacional e internacional, a publicação de estudos de arqueologia da Estremadura em geral e do concelho de Oeiras em particular.

Possui um Conselho Assessor do Editor Científico, assim constituído:

- Dr. Luís Raposo (Museu Nacional de Arqueologia, Lisboa)
- Professor Doutor Nuno Bicho (Universidade do Algarve)
- Professor Doutor João Zilhão (Universidade de Barcelona e ICREA)
- Doutora Laure Salanova (CNRS, Paris)
- Professor Doutor Martín Almagro Gorbea (Universidade Complutense de Madrid)
- Professor Doutor Rui Morais (Universidade do Minho)

ESTUDOS ARQUEOLÓGICOS DE OEIRAS

Volume 23 • 2016/2017 ISSN: 0872-6086

EDITORES CIENTÍFICOS DESTA VOLUME – João Luís Cardoso e Rui Mataloto
DESENHO E FOTOGRAFIA – Autores ou fontes assinaladas
PRODUÇÃO – Gabinete de Comunicação / CMO
CORRESPONDÊNCIA – Centro de Estudos Arqueológicos do Concelho de Oeiras
Fábrica da Pólvora de Barcarena
Estrada das Fontainhas
2745-615 BARCARENA

Os artigos publicados são da exclusiva responsabilidade dos Autores.

Aceita-se permuta
On prie l'échange
Exchange wanted
Tauschverkehr erwünscht

ORIENTAÇÃO GRÁFICA E

REVISÃO DE PROVAS – João Luís Cardoso e Autores

PAGINAÇÃO – M. Fernandes

IMPRESSÃO E ACABAMENTO – Gráficas Amares, Lda. - Amares - Tel. 253 992 735

DEPÓSITO LEGAL: 97312/96

**UM NOVO MÉTODO PARA A DATAÇÃO ABSOLUTA
DE OSSOS HUMANOS CREMADOS: A CABANA 2 DO MONTE DE SÃO DOMINGOS
(MALPICA DO TEJO, PORTUGAL)**

***A NEW METHOD FOR THE ABSOLUTE DATING
OF CREMATED HUMAN BONES: HUT 2 AT MONTE DE SÃO DOMINGOS
(MALPICA DO TEJO, PORTUGAL)***

Dirk Brandherm¹, Michał Krueger² & João Luís Cardoso³

Abstract

Recent advances in radiocarbon dating have come to facilitate the successful processing of cremated bone samples, a material previously deemed unsuitable for this purpose. This opens up the possibility of obtaining scientific dating evidence from find contexts which have produced little other organic material and of revisiting the chronological issues they raise. In presenting a radiocarbon determination obtained from a Late Bronze Age cremation burial at Monte de São Domingos, here we take the opportunity to illustrate the potential of this relatively new technique, but also to discuss possible pitfalls and problems with its application.

Keywords: Cremation, Late Bronze Age, Radiocarbon.

1 – ASPECTOS ARQUEOLÓGICOS

O Monte de São Domingos, próximo da povoação de Malpica do Tejo, concelho de Castelo Branco, corresponde a um local de elevado interesse arqueológico, no quadro das estações do Bronze Final do território português. Foi explorado em 1996, por equipa dirigida por um de nós (J.L.C.), e possui as seguintes coordenadas geográficas (Fig. 1):

Latitude: 39° 41' 11.23'' N

Longitude: 7° 21' 26.77'' W

Altitude: 267 m

¹School of Natural and Built Environment, Queen's University Belfast.

²Instytut Archeologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

³Universidade Aberta (Lisboa). Centro de Estudos Arqueológicos do Concelho de Oeiras (Câmara Municipal de Oeiras).
cardoso18@netvisao.pt

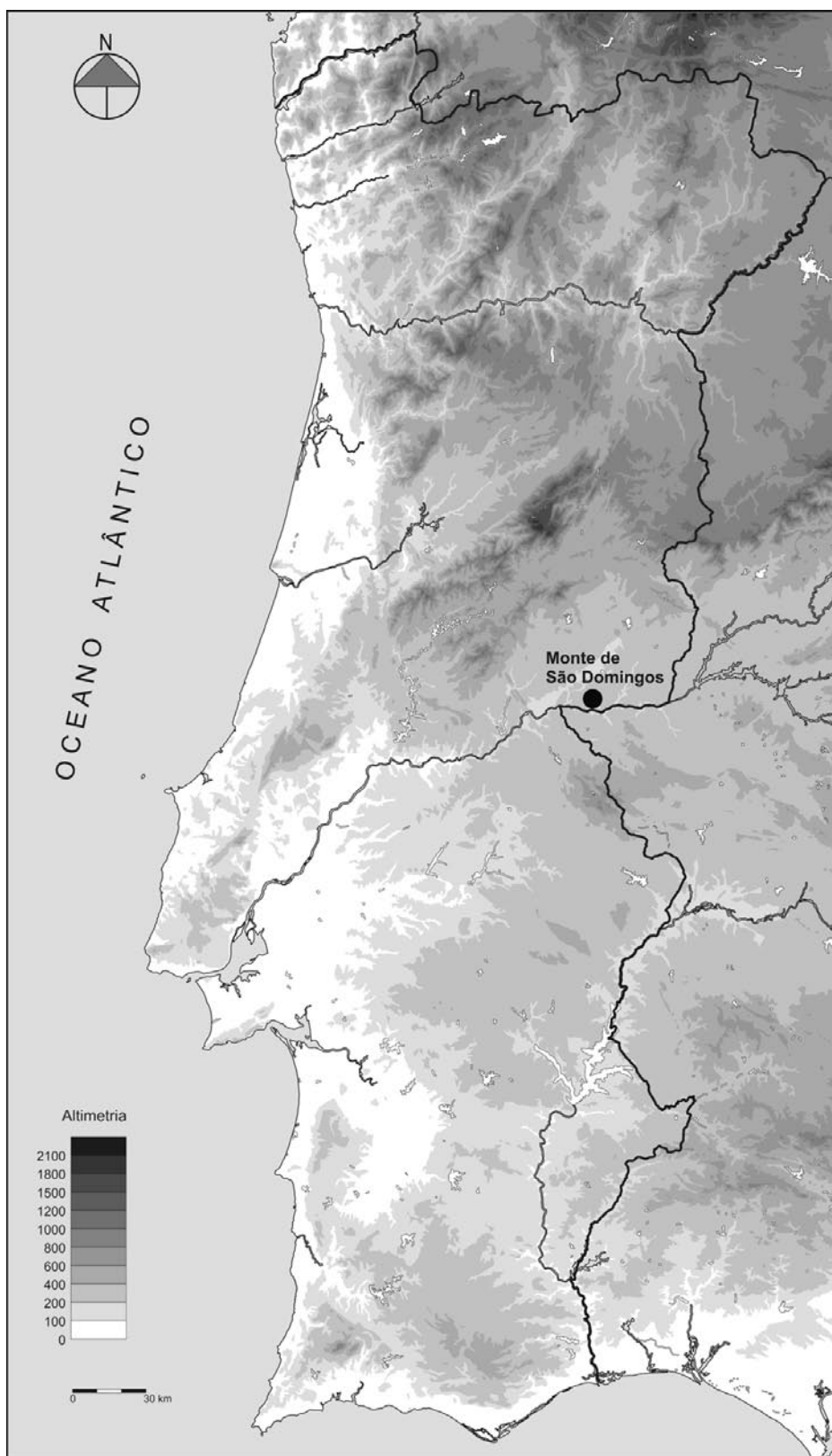


Fig. 1 – Localização do Monte de São Domingos no território português.

Antes das escavações realizadas, o local, implantado em suave encosta ocupada por olival, evidenciava à superfície, abundantes blocos de xisto-grauvaques, rocha estranha ao substrato geológico ali aflorante, correspondente a depósitos detriticos cenozóicos. Tal facto motivou a intervenção que conduziu à identificação de duas estruturas circulares, com embasamento pétreo, ambas munidas de entrada, situação que reforçada a sua atribuição a unidades de carácter habitacional.

A mais pequena (Fig. 2) não forneceu nenhum espólio arqueológico, correspondendo o seu interior à regularização do próprio substrato geológico.

É a estrutura de maiores dimensões (Fig. 3) que possui maior interesse, tendo sido descrita em publicação anterior (CARDOSO, CANINAS & HENRIQUES, 1998).

A assinalável largura da parede que a define, correspondente a dois paramentos, um interno, outro externo, constituídos por lajes de xisto-grauvaques colocadas verticalmente, foi obtida mediante o enchimento interior de blocos irregulares de menores dimensões. Tal realidade pressupõe que a parte superior da estrutura fosse constituída por materiais perecíveis, provavelmente adobes de barro secos ao sol, com cobertura de colmo. Tal cobertura exigiria um apoio central, assegurado por um poste de madeira, cuja estrutura de fixação ao terreno foi encontrada, de natureza pétrea, robusta e muito bem definida (Fig. 4). Perto desta estrutura identificou-se um empedrado de contorno subrectangular, constituído por blocos de quartzo leitoso de pequenas e médias dimensões. Depois de este ter sido removido, foi identificado um vaso, incompleto na sua parte superior, faltando-lhe a totalidade do bordo, indício de se tratar de reaproveitamento (Fig. 5). A sua posição no terreno pode observar-se na Fig. 4, através do “negativo” formado pelas terras exteriores a ele adjacentes. Este grande recipiente, tipologicamente pertencente à Idade do Bronze, continha, na parte superior do seu enchimento interior, um outro recipiente igualmente reportável à Idade do Bronze, o qual primitivamente deveria cobrir o conteúdo do vaso, que ocupava a sua parte inferior, constituído por abundantes fragmentos de ossos humanos sujeitos a cremação, de coloração



Fig. 2 – A cabana 1 do Monte de São Domingos. Foto de J. L. Cardoso.



Fig. 3 – A cabana 2 do Monte de São Domingos. Observa-se o buraco de poste, implantado na sua área central, bem como a área adjacente, onde se encontrava o empedrado de blocos de quartzo que cobria a urna com os ossos humanos cremados, cuja localização é visível na foto pelo contorno do depósito terroso que a envolvia. Foto de J. L. Cardoso.

esbranquiçada e com as características fendas de dissecação (Fig. 6).

Embora a cronologia desta ocorrência, que se afigura única no seu género identificada no território português fosse indicada pela tipologia dos dois recipientes recuperados, reportados ao Bronze Final, impunha-se uma datação absoluta pelo método do radiocarbono, a qual, contudo, não foi então possível, dada a falta de colagénio existente nos ossos. A importância de se obter uma datação absoluta para os restos humanos cremados da cabana 2 do Monte de São Domingos por meios científicos já havia sido enfatizada por Vilaça e Arruda (2004, p. 17), entre outros autores.

2 - OBTENÇÃO DA AMOSTRA

Em Outubro de 2015, foi o último signatário (J.L.C.) contactado pelo primeiro signatário (D.B.) no sentido de poder providenciar uma amostra dos ossos cremados recuperados nas escavações de 1996, entretanto depositados na extensão do Fundão da Direcção Regional de Cultura do Centro, com sede em Coimbra. Tal pedido resultava da possibilidade de as limitações decorrentes do método tradicional de datação

absoluta pelo radiocarbono poderem ser ultrapassadas, no caso de ossos cremados, mediante a aplicação de um novo processo laboratorial, que se tornou disponível nos últimos anos. Imediatamente conciente da importância de se obter uma data para esta importante estação do Bronze Final, foi dada prioridade a tal pedido, tendo-se, a breve trecho, obtido a amostra necessária para datação, mercê do bom acolhimento desde logo recebido por parte de todos responsáveis da Tutela intervenientes no processo.

3 - APECTOS METODOLÓGICOS

Em meados dos anos noventa do século passado, quando as escavações no Monte de São Domingos foram realizadas (CARDOSO, CANINAS & HENRIQUES, 1998), ainda não estavam disponíveis técnicas para obter datações radiocarbónicas de matéria óssea cremada. O método convencional de datação radiocarbónica de

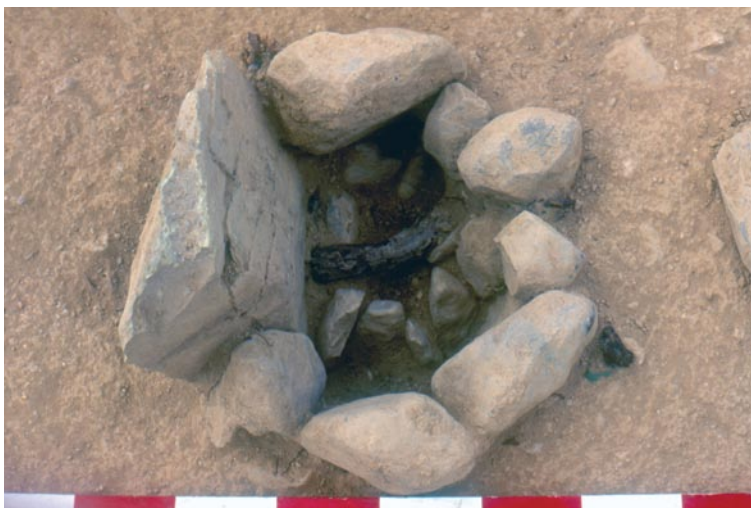


Fig. 4 – Monte de São Domingos. Buraco de poste situado na área central da cabana 2. Foto de J. L. Cardoso.



Fig. 5 – Monte de São Domingos. O vaso incompleto na parte superior, reutilizado como urna, enterrado sob o piso da cabana 2. Foto do Museu Monográfico de Conimbriga.

ossos baseia-se na extracção de colagénio, uma glicoproteína encontrada na matriz extracelular do tecido conjuntivo ósseo. Isso levanta um problema com a matéria óssea cremada ou desagregada, onde o colagénio em geral não se conserva.

Mas outros tipos de carbonatos estão presentes na matéria óssea, essencialmente bio-apatite, uma forma de fosfato de cálcio que constitui o componente mais importante na parte mineralizada dos ossos de mamíferos. O problema é que a bio-apatite é facilmente contaminada com carbonatos provenientes do solo ou da água subterrânea, e por isso foi durante muito tempo considerada inadequada para obter datações radiocarbónicas fiáveis.

No entanto, com o fim de encontrar um método que permitisse incluir as numerosas sepulturas de incineração da Idade do Bronze irlandesa num vasto programa de datações radiocarbónicas, no final dos anos noventa o laboratório de radiocarbono da Universidade de Groninga (Rijksuniversiteit Groningen) iniciou uma série de trabalhos experimentais que demonstraram que, sob certas condições, a bio-apatite da matéria óssea poderia fornecer amostras adequadas para a obtenção de datações fiáveis (LANTING & BRIDLEY, 1998; LANTING, AERTS-BIJMA & VAN DER PLICHT, 2001). A nova técnica desenvolvida pelos investigadores do laboratório holandês tirou proveito do facto de, durante a cremação, a bio-apatite contida nos ossos ser submetida a um processo de recristalização que forma cristais muito maiores do que aqueles que se encontram em ossos não cremados. Uma vez formados, estes novos cristais já não são mais susceptíveis a trocas de carbono com o meio-ambiente e, assim, ficam imunes a contaminação pós-deposicional.

Ao longo dos últimos dez anos, outros laboratórios de radiocarbono têm adoptado o método desenvolvido inicialmente em Groninga, de modo a permitir a datação de ossos cremados, tais como os da cabana 2 do Monte de São Domingos, que na altura da escavação não puderam ser datados. Abriram-se assim novas e importantes possibilidades no domínio das datações pelo método do radiocarbono (NAYSMITH *et al.*, 2007). Alguns problemas contudo ainda permanecem por resolver, razão pela qual o número de datações até hoje publicadas é ainda bastante limitado.

Um problema potencial que pode representar o osso cremado refere-se aos casos de recristalização incompleta, ou seja, de osso carbonizado mas não calcinado, dado que a matéria óssea apenas parcialmente recristalizada permanece susceptível ao intercâmbio de carbono com o seu meio-ambiente pós-deposicional. O grau de recristalização depende de vários factores, sendo as variáveis mais importantes a temperatura da pira de incineração e o tempo da exposição a essa temperatura; mas o efeito do carácter oxidante ou redutor do ambiente de combustão também é significativo.

Isso significa que, mesmo com a nova técnica de datar a bio-apatite, nem sempre os ossos queimados proporcionam amostras propícias para serem datadas. Ossos carbonizados que só foram expostos a temperaturas relativamente baixas (inferiores a 600°C), ou cuja exposição a temperaturas mais altas tenha durado pouco



Fig. 6 – Monte de São Domingos. Conjunto de ossos humanos cremados, recolhidos no interior da urna funerária encontrada sob o piso da cabana 2. Foto de J. L. Cardoso.

tempo, não podem ser datados de forma fiável com esta técnica (ZAZZO *et al.*, 2009, p. 601; UBELACKER, 2015, p. 217-219). Por conseguinte, Lanting e Brindley (1999, p. 138) insistem na distinção explícita entre o osso queimado e o osso cremado, sendo o primeiro um material carbonizado a baixas temperaturas, enquanto este último está calcinado a temperaturas muito mais altas.

Temperaturas insuficientes para uma completa recristalização podem, porém, privar o osso da maior parte do teor de colagénio (LANTING, AERTS-BIJMA & VAN DER PLICHT, 2001, p. 250). Isso significa que ossos carbonizados em geral não podem ser datados, nem pela técnica convencional de extracção do colagénio, nem pela nova técnica baseada na datação da bio-apatite.

Embora tecnicamente não seja um problema conseguir datações a partir da bio-apatite proveniente de matéria óssea carbonizada a temperaturas inferiores a 600°C, tais datações não são fiáveis, dado que uma contaminação por intercâmbio de carbono com o ambiente pós-deposição é muito provável. Consequentemente, uma avaliação precisa do grau de recristalização da bio-apatite é crucial para uma datação por radiocarbono de ossos cremados, e uma cuidadosa selecção de ossos bem calcinados é essencial para obter resultados confiáveis.

A inspecção visual do material ósseo pode fornecer alguma indicação sobre a qualidade da amostra. O osso deve ser inteiramente calcinado, de coloração branca, e possuir as características fendas térmicas (HERRMANN, 1972; WALKER, MILLER & RICHMAN, 2008). Além disso, diferentes métodos laboratoriais podem ajudar a avaliação visual. O mais importante destes métodos é a determinação do índice de cristalinidade (IC) por meio de espectroscopia de infravermelhos (IV) ou fluorescência de raios X (XRF). Estas duas últimas técnicas espectroscópicas podem também ser empregues para medir os teores de carbonato e de fosfato (C/F) numa amostra (THOMPSON *et al.*, 2011; PIGA *et al.*, 2016).

Outro problema significativo é que já durante a incineração, ou seja, durante o processo de recristalização da bio-apatite, pode ocorrer um intercâmbio de carbono entre a matéria óssea e a atmosfera de combustão. Dependendo do tipo de combustível utilizado na incineração e das propriedades da atmosfera de combustão, tal situação poderia potencialmente causar um “efeito de madeira velha” em algumas amostras de matéria óssea cremada, como foi demonstrado pela comparação de uma data de radiocarbono proveniente de uma sepultura de incineração da Idade do Bronze dinamarquesa com a datação dendrocronológica do caixão associado (OLSEN *et al.*, 2013, p. 31-34), bem como por trabalhos experimentais subsequentes (SNOECK, BROCK & SCHULTING, 2014, p. 597-601).

Deste modo, deve ter-se em consideração que três fontes potenciais de carbono estão disponíveis para reacções que podem facilitar um intercâmbio de carbono entre a bio-apatite da matéria óssea e o ambiente durante a incineração de um cadáver:

- 1) carbono proveniente de outros componentes orgânicos do osso, principalmente do colagénio;
- 2) o CO₂ atmosférico;
- 3) o CO₂ libertado durante a combustão, proveniente tanto da matéria orgânica do cadáver como do combustível.

Destes, apenas o CO₂ proveniente do combustível tem potencial para alterar a idade radiocarbónica de uma amostra de osso cremado de uma maneira significativa. Exceptuam-se os casos onde a ingestão de proteínas provenientes de uma dieta baseada em peixe e mariscos tenha distorcido a idade radiométrica do colagénio, sendo esta distorção transmitida à bio-apatite pelo intercâmbio de carbono durante o processo de incineração (ZAZZO *et al.*, 2009, p. 602).

Na prática, o intercâmbio de carbono durante o processo de incineração parece altamente variável e é influenciado por distintos factores, tais como o carácter oxidante ou redutor da atmosfera de combustão. A interacção desses factores é um assunto complexo que ainda requer bastante mais investigação (HÜLS *et al.*, 2010; VAN STRYDONCK, BOUTIN & DE MULDER, 2010; PIGA *et al.*, 2016).

Embora haja indicações de que o valor de $\delta^{13}\text{C}$ de uma amostra pode fornecer um meio de identificar a absorção de quantidades significativas de carbono proveniente de combustíveis empobrecidos em ^{14}C , até ao presente não foi possível estabelecer nenhum protocolo que proporcione um meio fiável de quantificar com algum grau de precisão as potenciais distorções cronológicas resultantes deste tipo de “efeito de madeira velha” secundário (SNOECK, BROCK & SCHULTING, 2014). No entanto, existem alguns resultados indicativos. Por exemplo, os trabalhos experimentais realizados por Zazzo *et al.* (2012, p. 862-864) puderam demonstrar uma substituição da maioria do carbono estrutural do osso pelo intercâmbio com o carbono procedente do combustível em amostras com valores de $\delta^{13}\text{C}$ abaixo de -25% ; valores assim baixos são pouco frequentes entre as amostras arqueológicas provenientes de restos humanos cremados. Isto sugere que na maioria das circunstâncias o intercâmbio de carbono entre a matéria óssea e a atmosfera de combustão foi apenas parcial, de modo que o seu efeito sobre os valores de ^{14}C medidos será limitado.

Um último problema com a datação radiocarbónica da bio-apatite procedente de ossos cremados decorre da dificuldade de avaliar potenciais distorções no valor $\delta^{13}\text{C}$, devidas, por exemplo, a uma dieta marinha. As alterações no osso durante o processo de incineração fazem com que, para a matéria óssea calcinada, o valor $\delta^{13}\text{C}$ não possa ser tomado como um indicador fiável da ingestão dietética de carbono. Isso também significa que o osso calcinado não é fidedigno para reconstruções paleoambientais e paleodietéticas baseando-se em isótopos estáveis (ZAZZO *et al.*, 2009, p. 606-610). Em qualquer caso, para a maioria das jazidas não-costeiras da Pré-História, podemos supor que não existe impacto significativo deste fenómeno. Por exemplo, no caso dos restos cremados da cabana 2 do Monte de São Domingos, é pouco provável que pertencessem a um indivíduo com uma proporção significativa de alimentos marinhos na sua dieta.

Contudo, as características químicas e isotópicas da matéria óssea cremada podem fornecer informações sobre os parâmetros do processo da incineração (tipo e quantidade de combustível, disponibilidade de oxigénio), dando assim a oportunidade de aumentar o nosso conhecimento sobre as práticas funerárias em áreas e épocas onde se praticou a cremação de cadáveres (OLSEN *et al.*, 2008; SNOECK *et al.*, 2016). Para fazer pleno uso deste potencial, a par da matéria óssea, será necessário, no entanto, analisar também restos de carvão vegetal associados às respectivas cremações (MOSKAL DEL-HOYO, 2012; O'DONNELL, 2016). No caso da cremação da cabana 2 do Monte de São Domingos isso não foi possível, mas importa poder incluir este tipo de análise mais holística em projectos futuros.

4 – A CRONOLOGIA ABSOLUTA DO MONTE DE SÃO DOMINGOS

No caso dos restos humanos da cabana 2 do Monte de São Domingos, a inspecção visual indica uma calcinação completa da matéria óssea. Os ossos são de cor branca e mostram as características fendas térmicas que são indício de material ósseo inteiramente calcinado. De acordo com os critérios descritos por Lanting e Brindley (1999, p. 137-138), estamos, portanto, lidando claramente com restos cremados, não apenas com ossos queimados, os quais seriam inadequados para essa técnica de datação.

Também no que diz respeito aos valores espectroscópicos, com um índice de cristalinidade de 5,2, a amostra analisada enquadra-se dentro dos limites de confiança aceites (determinação por espectroscopia de infravermelho com Transformada de Fourier). Geralmente, os valores IC entre 5 e 7 são considerados indicativos

de uma recristalização suficiente para poder excluir a possibilidade de contaminação pós-deposicional (STINER *et al.*, 1995, p. 227-228; VAN STRYDONCK, BOUDIN e DE MULDER, 2010, p. 581). Por outro lado, a exposição prolongada do osso ao fogo numa pira construída de madeira madura e seca, que pudesse ocasionar um “efeito de madeira velha” secundário pronunciado, provavelmente causaria um valor IC ainda mais elevado.

Ao mesmo tempo, com um valor $\delta^{13}\text{C}$ de $-22,21\%$, a possibilidade de uma substituição significativa do carbono estrutural do osso por intercâmbio com o carbono procedente da atmosfera de combustão na nossa amostra parece ser bastante limitada (Fig. 7).¹ Portanto, qualquer distorção causada por um “efeito de madeira velha” secundário na determinação da idade radiocarbónica do osso não deveria ultrapassar umas poucas décadas de anos no máximo, se de facto tal distorção existir.

Código da amostra	IC	Idade ^{14}C	\pm	F^{14}C	\pm	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)
UBA-30686	5,2	2801	37	0,7056	0,0032	-22,21	-14,65

Fig. 7 – Tabela com os resultados da analítica da matéria óssea cremada da estrutura 2 do Monte de São Domingos.

Em todo o caso, o resultado da análise por AMS cai bem dentro dos limites esperados para um contexto Idade do Bronze Final (UBA-30686: 2801 ± 37 BP). A sua calibração aponta para uma datação no século X a.C., com um desvio padrão de 1σ , ou para uma datação entre a segunda metade do século XI e a primeira metade do século IX a.C., com um desvio padrão de 2σ (Figs. 8 e 9).² Face aos resultados apresentados, pode concluir-se que a deposição funerária do Monte de São Domingos ocorreu, para uma probabilidade de 95,4% (não tendo em conta qualquer hipotético “efeito de madeira velha” secundário), entre 1046-888 cal BC, cronologia que se inscreve no Bronze Final da Beira Interior e se afigura totalmente compatível com a atribuída previamente à estação, por critérios estritamente tipológicos dos espólios cerâmicos encontrados.

Esta datação também corresponde às prévias datações para sepulturas de incineração em urnas cinerárias do Bronze Final no actual território português, efetuadas tanto sobre colagénio, no caso dos restos ósseos do túmulo 1 de Souto, Abrantes (DELFINO *et al.*, 2014, Quadro 4), e da amostra 1 de Tanchoal de Patudos, Alpiarça (VILAÇA *et al.*, 1999, Quadro 1), como sobre carvão, no caso da amostra 2 de Tanchoal dos Patudos (Figs. 9 e 10). A consistência entre estas datações apoia ainda mais o resultado obtido para a deposição funerária do Monte de São Domingos com esta nova técnica.

Deste modo, ficou colmatada uma lacuna sobre a datação de uma das mais importantes estações do Bronze Final do território português, ao mesmo tempo que se confirmou o rigor e qualidade do método de datação adoptado. Este estudo de caso demonstra claramente o potencial do método, e esperamos poder prosseguir a questão da cronologia absoluta da mudança dos ritos funerários no Bronze Final, da prática da inumação para a da cremação, com mais dados, num futuro projecto mais alargado.

¹ A análise espectroscópica para determinar os valores $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ foi realizada pela Stable Isotope Facility da Queen's University Belfast. O protocolo para a análise foi tal que 275 mg de amostra foram pesados num frasco de borosilicato de 4,5 ml, que logo foi lacrado e lavado com hélio durante 2 minutos (taxa de fluxo > 100 ml/min). A amostra foi então injectada com aprox. 1 ml de $> 100\%$ ácido ortofosfórico e o frasco foi deixado reagir durante 16 horas à temperatura ambiente. O CO_2 do espaço vazio (“headspace”) gerado a partir da reacção foi logo medido para o seu valor isotópico C e O num espectrómetro de massa de razão isotópica AP2003. O resultado foi medido e corrigido utilizando dois padrões internacionalmente conhecidos: NBS19 ($\delta^{13}\text{C} = 1,95$, $\delta^{18}\text{O} = -2,2$ por mil) e R022 ($\delta^{13}\text{C} = -28,63$ e $\delta^{18}\text{O} = -22,69$ por mil). A margem de erro para a medição dos valores $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ neste caso é da ordem de um por mil.

² A calibração da datação de radiocarbono foi realizada com base na curva de calibração IntCal13 (REIMER *et al.*, 2013), utilizando o software CALIB 7.1 (<URL: <http://calib.qub.ac.uk/calib/>>).

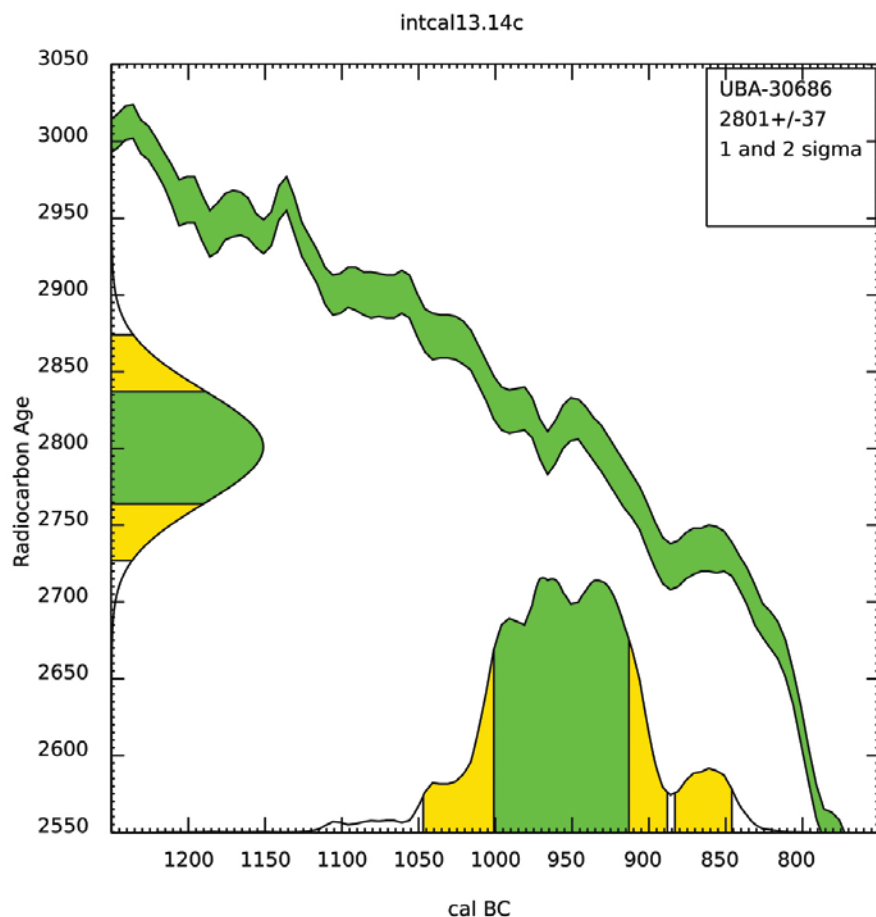


Fig. 8 – Calibração da data de radiocarbono obtida para a matéria óssea cremada da cabana 2 do Monte de São Domingos (com recurso ao programa Calib 7.1 e à curva de calibração IntCal13).

Código da amostra	Contexto	Idade ¹⁴ C	±	Data cal AC intervalos 1σ	Área relativa	Data cal AC intervalos 2σ	Área relativa
UBA-30686	Monte de São Domingos – E2	2801	37	1000-912	1,000000	1046-888 883-845	0,927987 0,072013
Beta-280041	Souto – T1	2840	40	1048-968 964-931	0,723054 0,276946	1119-904	1,000000
GrA-9270	Tanchoal de Patudos (1)	2830	50	1048-917	1,000000	1125-887 884-844	0,958250 0,041750
GrA-9572	Tanchoal de Patudos (2)	2790	50	1007-894 866-856	0,939824 0,060176	1072-1066 1056-821	0,005330 0,994670

Fig. 9 – Cronologia absoluta pelo método do radiocarbono das sepulturas de incineração em urna, atribuíveis ao Bronze Final, do território português (dados de Tanchoal dos Patudos, seg. VILÇA et al., 1999, Quadro 1; dados do túmulo 1 de Souto, seg. DELFINO et al., 2014, Quadro 4, calibrados com recurso ao programa Calib 7.1 e à curva de calibração IntCal13).

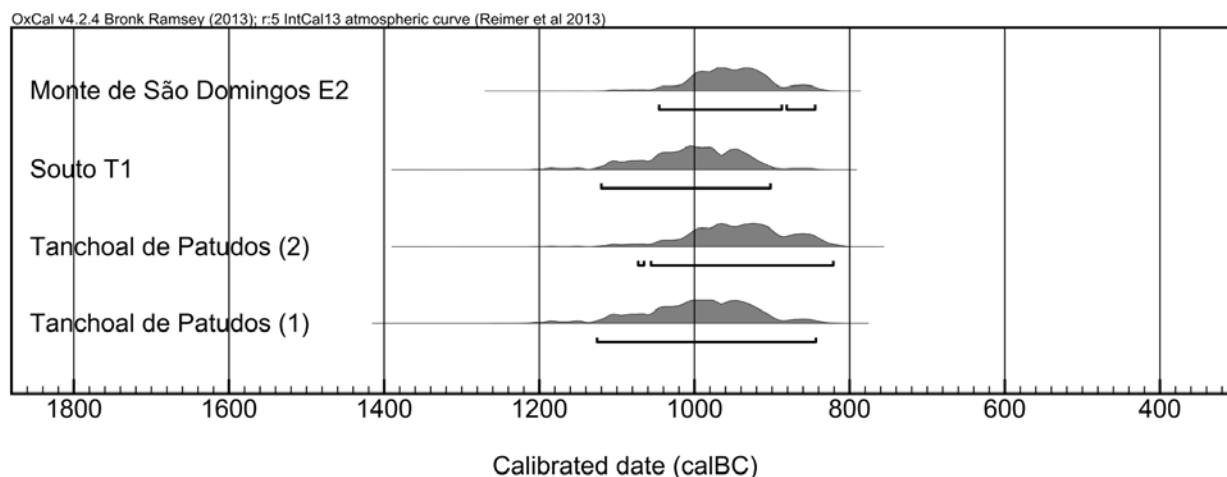


Fig. 10 – Representação gráfica das distribuições de probabilidade das datas de radiocarbono calibradas listadas na Fig. 9 (com recurso ao programa OxCal 4.2.4 e à curva de calibração IntCal13).

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio e compreensão desde logo manifestados pelo Dr. Carlos Banha, Técnico Superior da extensão do Fundão, que promoveu o encaminhamento da questão para despacho, no sentido de se obter a autorização de exportação de uma amostra de osso destinada a análise na Queen's University, Belfast, a qual foi obtida em Novembro de 2015.

Cumpramos agradecer a todos os intervenientes no processo, designadamente ao Dr. Carlos Banha, à Directora Regional de Cultura do Centro, à Dr.^a Catarina Coelho, à Dr.^a Filipa Neto, à Dr.^a Deolinda Folgado e à Dr.^a Iria Simões, na qualidade de dirigentes e técnicos superiores da DGPC (Lisboa). Gostaríamos também de agradecer à Prof.^a Paula Reimer, directora do ¹⁴CHRONO Centre da Queen's University Belfast, a Stephen Hoper, técnico superior de este mesmo centro, e finalmente ao Dr. Neil Ogle, director técnico do laboratório de isótopos estáveis da mesma instituição, pelo amável apoio recebido.³

REFERÊNCIAS

- CARDOSO, J. L.; CANINAS, J. C. & HENRIQUES, F. (1998) – Duas cabanas circulares da Idade do Bronze Final do Monte de São Domingos (Malpica do Tejo, Castelo Branco). *Estudos Pré-Históricos*. Viseu. 6, p. 325-345.
- DELFINO, D. [et al.] (2014) – A problemática das continuidades e descontinuidades na Idade do Bronze do Médio Tejo português. In CRUZ, A. (ed.) – *A Idade do Bronze em Portugal: os dados e os problemas*. Tomar: Instituto Politécnico de Tomar, p. 146-201 (Antrope, Série Monográfica, 1).

³A datação radiocarbónica da amostra de Monte de São Domingos foi realizada como parte do projecto “Os inícios da Idade do Ferro no Sudoeste da Península Ibérica: cronologia e cultura material”, desenvolvido em conjunto pela Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu e a Queen's University Belfast. Todas as determinações de radiocarbono e análises espectroscópicas do índice de cristalinidade para este projecto foram realizadas pelo ¹⁴CHRONO Centre desta última instituição. Para os detalhes dos protocolos laboratoriais empregues veja-se a documentação disponível em REIMER et al., 2015. Agradecemos ao Centro Científico Nacional da Polónia (Narodowe Centrum Nauki) por, generosamente, ter financiado este projecto (DEC-2013/09/B/HS3/00630).

- HERRMANN, B. (1972) – Zur Beurteilung von Kohlenstoffverfärbungen bei Leichenbränden. *Ausgrabungen und Funde*. Berlin. 17, p. 275-277.
- HÜLS, C. M. [et al.] (2010) – Experimental study on the origin of cremated bone apatite carbon. *Radiocarbon*. Tucson. 52, p. 587-599.
- LANTING, J. N. & BRINDLEY, A. L. (1998) – Dating cremated bone: the dawn of a new era. *Journal of Irish Archaeology*. Dublin. 9, p. 1-7.
- LANTING, J. N. & BRINDLEY, A. L. (1999) – Fechando hueso cremado: la base científica. *Trabajos de Prehistoria*. Madrid. 56 (2), p. 137-140.
- LANTING, J. N.; AERTS-BIJMA, A. T. & VAN DER PLICHT, J. (2001) – Dating of cremated bone. *Radiocarbon*. Tucson. 43, p. 249-254.
- MOSKAL-DEL HOYO, M. (2012) – The use of wood in funerary pyres: random gathering or special selection of species? Case study of three necropolises from Poland. *Journal of Archaeological Science*. Amsterdão. 39, p. 3386-3395.
- NAYSMITH, P. [et al.] (2007) – A cremated bone intercomparison study. *Radiocarbon*. Tucson. 49, p. 403-408.
- O'DONNELL, L. (2016) – The power of the pyre: a holistic study of cremation focusing on charcoal remains. *Journal of Archaeological Science*. Amsterdão. 65, p. 161-171.
- OLSEN, J. [et al.] (2008) – Characterisation and blind testing of radiocarbon dating of cremated bone. *Journal of Archaeological Science*. Amsterdão. 35, p. 791-800.
- OLSEN, J. [et al.] (2013) – “Old wood” effect in radiocarbon dating of prehistoric cremated bones?. *Journal of Archaeological Science*. Amsterdão. 40, p. 30-34.
- PIGA, G. [et al.] (2016) – Understanding the crystallinity indices behavior of burned bones and teeth by ATR-IR and XRD in the presence of bioapatite mixed with other phosphate and carbonate phases. *International Journal of Spectroscopy*. Cairo. 2016, 9 p. doi:10.1155/2016/4810149
- REIMER, P. J. [et al.] (2013) – IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*. Tucson. 55, p. 1869-1887.
- REIMER, P. J. [et al.] (2015) – *The Queen's University, Belfast. Laboratory protocols used for AMS radiocarbon dating at the ¹⁴CHRONO Centre*. Portsmouth: English Heritage (Research Report Series, 5).
- SNOECK, C.; BROCK, F. & SCHULTING, R. J. (2014) – Carbon exchanges between bone apatite and fuels during cremation: impact on radiocarbon dates. *Radiocarbon*. Tucson. 56, p. 591-602.
- SNOECK, C. [et al.] (2016) – Impact of heating conditions on the carbon and oxygen isotope composition of calcined bone. *Journal of Archaeological Science*. Amsterdão. 65, p. 32-43.
- STINER, M. C. [et al.] (1995) – Differential burning, recrystallization, and fragmentation of archaeological bone. *Journal of Archaeological Science*. Amsterdão. 22, p. 223-237.
- THOMPSON, T. J. U. [et al.] (2011) – An investigation into the internal and external variables acting on crystallinity index using Fourier Transform Infrared Spectroscopy on unaltered and burned bone. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Amsterdão. 299, p. 168-174.
- UBELAKER, D. H. (2015) – Case applications of recent research on thermal effects on the skeleton. In THOMPSON, T. (ed. lit.) – *The Archaeology of Cremation: Burned Human Remains in Funerary Studies*. Oxford: Oxbow, p. 213-226.
- VAN STRYDONCK, M.; BOUDIN, M. & DE MULDER, G. (2010) – The carbon origin of structural carbonate in bone apatite of cremated bones. *Radiocarbon*. Tucson. 52, p. 578-586.

- VILAÇA, R. & ARRUDA, A. M. (2004) – Ao longo do Tejo, do Bronze ao Ferro. *Conimbriga*. Coimbra. 43, p. 11-45.
- VILAÇA, R.; CRUZ, D. J. & GONÇALVES, A. H. B. (1999) – A necrópole de Tanchoal dos Patudos (Alpiarça, Santarém). *Conimbriga*. Coimbra. 38, p. 5-29.
- WALKER, P. L.; MILLER, K. W. P. & RICHMAN, R. (2008) – Time, temperature, and oxygen availability: an experimental study of the effects of environmental conditions on the color and organic content of cremated bone. In SCHMIDT, C. W. & SYMES, S. A. (eds. lits.) – *The Analysis of Burned Human Remains*. Londres: Academic Press, p. 129-135.
- ZAZZO, A [et al.] (2009) – Radiocarbon dating of calcined bones: where does the carbon come from?. *Radiocarbon*. Tucson. 51, p. 601-611.
- ZAZZO, A [et al.] (2012) – Radiocarbon dating of calcined bones: insights from combustion experiments under natural conditions. *Radiocarbon*. Tucson. 54, p. 855-866.